

**ANALISA PENGARUH PEMBEBANAN
TERHADAP EFISIENSI GENERATOR
PADA PLTA WONOGIRI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

DANDI OKTAVIAN

D 400 160 079

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI
GENERATOR PADA PLTA WONOGIRI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

DANDI OKTAVIAN

D 400 160 079

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T.

NIK. 780

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI
GENERATOR PADA PLTA WONOGIRI

OLEH

DANDI OKTAVIAN

D 400 160 079

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 23 Januari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dosen Pembimbing
(Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T.) (RameS)
2. Dosen Penguji
(Aris Budiman, S.T., M.T.) (Aris Budiman)
3. Dosen Penguji
(Tindyo Prasetyo, S.T., M.T.) (Tindyo Prasetyo)



Dekan,

10022021

Dr. Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23 Januari 2021

Penulis


DANDI OKTAVIAN

D 400 160 079

ANALISA PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR PADA PLTA WONOGIRI

Abstrak

Air adalah sumber energi terbarukan yang murah dan relatif mudah didapat walaupun daya yang dihasilkan relatif kecil tetapi cukup mampu diandalkan ditengah kebutuhan sumber daya penghasil listrik yang murah dan ramah lingkungan. PLTA Wonogiri terletak di Wonogiri, Jawa Tengah dan merupakan bagian dari PT. Indonesia Power UP Mrica. Sumber air yang digunakan oleh PLTA Wonogiri berasal dari waduk Gajah Mungkur. Salah satu komponen paling penting pada sebuah pembangkit listrik adalah generator. Generator merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik karena berperan dalam penyediaan energi listrik yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat secara umum baik industri, perkantoran, maupun konsumen rumah tangga. PLTA Wonogiri mempunyai 2 buah generator dengan daya maksimal yang dihasilkan perunitnya adalah 6,2 MW. Analisis efisiensi generator ini dilakukan untuk melihat apakah generator masih dalam keadaan optimal atau kurang optimal. Perhitungan efisiensi ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data berupa daya terpakai dan data air berupa elevasi, *tail race*, dan debit air. Hasil dari analisa pada tanggal 01-07 maret 2020 didapatkan efisiensi rata-rata generator sebesar tertinggi terjadi pada saat beban terpakai 6,2 MW sebesar 92,85% dan efisiensi terendah terjadi saat beban terpakai 3,6 MW sebesar 74,44%. Kondisi ini menunjukkan bahwa generator memiliki keandalan kerja yang baik sebagai penghasil daya listrik.

Kata Kunci: PLTA, Generator, Efisiensi.

Abstract

Water is a renewable energy source that is cheap and relatively easy to obtain, even though the power produced is relatively small, but it is quite reliable in the midst of the need for cheap and environmentally friendly electricity-producing resources. PLTA Wonogiri is located in Wonogiri, Central Java and is part of PT. Indonesia Power UP Mrica. The water source used by the Wonogiri hydropower plant comes from the Gajah Mungkur reservoir. One of the most important components in a power plant is a generator. Generator is a very important component in the electric power system because it plays a role in supplying electrical energy that is needed by the general public, both industry, offices, and household consumers. PLTA Wonogiri has 2 generators with the maximum power generated per unit is 6,2 MW.

This generator efficiency analysis is carried out to see whether the generator is still in optimal or less than optimal condition. This efficiency calculation is done by collecting data in the front of power usage and water data in the front of elevation, tail race, and water discharge. The results of the analysis on March 1 - 7 2020 found that the highest average efficiency of the generator occurred when the load was used 6,2 MW at 92,85% and the lowest efficiency occurred when the used load was 3,6 MW at 74,44%. This condition indicates that the generator has good working reliability as a producer of electric power.

Keywords: PLTA, Generator, Efficiency.

1. PENDAHULUAN

Generator sinkron merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik karena berperan dalam penyediaan energi listrik yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat secara umum baik industri, perkantoran, maupun konsumen rumah tangga. Energi listrik sudah menjadi kebutuhan yang vital bagi masyarakat secara umum. Hampir selama 24 jam setiap harinya konsumen membutuhkan dan memakai energi listrik untuk berbagai macam penggunaan.

Air adalah sumber energi terbarukan yang murah dan relatif mudah didapat walaupun daya yang dihasilkan relatif kecil tetapi cukup mampu diandalkan ditengah kebutuhan sumber daya penghasil listrik yang murah dan ramah lingkungan. Pembangunan di bidang ketenagalistrikan dengan memanfaatkan energi terbarukan menjadi prioritas utama pemerintah karena tenaga listrik merupakan kebutuhan primer yang harus dipenuhi. Saat ini, energi listrik menjadi tenaga penggerak utama pada sektor industri di Indonesia. Sehingga dalam meningkatkan perkembangan sektor industri ini dibutuhkan suplai energi listrik baik sebagai energi utama maupun energi pelengkap. Dengan meningkatnya sektor industri ini, otomatis sektor ekonomi juga ikut bergerak. Oleh sebab itu tenaga listrik menjadi kebutuhan vital untuk meningkatkan pembangunan ekonomi dan kualitas kehidupan bangsa.

Pemerintah selaku pembuat kebijakan ekonomi selalu memberikan prioritas utama pada pembangunan nasional sebagai upaya pemenuhan kebutuhan

penyediaan tenaga listrik bagi masyarakat. Dalam usahanya dalam memenuhi tingginya kebutuhan akan tenaga listrik ini, perusahaan tentunya akan menemui berbagai kendala dan kesulitan. Salah satu peralatan yang menunjang energi listrik pada PLTA adalah generator. Keandalan generator dalam pengoperasian PLTA sangat berpengaruh pada energi listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa pengaruh pembebanan terhadap efisiensi generator di PLTA Wonogiri.

Efisiensi generator merupakan suatu perbandingan antara daya masukan (Pin) dan daya keluaran (Pout). Daya masukan generator pada pembangkit listrik tenaga air adalah daya yang dihasilkan oleh adanya energi potensial yang dimiliki oleh air karena ketinggian dan massanya. Oleh karena itu, Pada pembangkit listrik tenaga air, daya yang dihasilkan tidak konstan karena dipengaruhi ketinggian dan kapasitas air yang digunakan. Sedangkan daya keluaran (Pout) merupakan daya beban yang digunakan oleh konsumen listrik. Pada penelitian ini, penulis melakukan analisis pengaruh pembebanan terhadap efisiensi generator pada PLTA Wonogiri.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian terkait analisis efisiensi kerja generator. Beberapa peneliti melakukan penelitian efisiensi generator pada suatu pembangkit berdasar pada Variabel utama yang mempengaruhi efisiensi generator, yaitu besarnya beban. Beberapa yang melakukan analisis faktor pembebanan terhadap efisiensi generator adalah Muhammad Noer, tahun 2017 dan Muhairir dan Ibnu Hajar, tahun 2019. Analisis efisiensi dilakukan pada generator yang dioperasikan ditempat yang berbeda, yaitu Muhammad Noer, tahun 2017 di PLTG Bonrang dan Muhairir dan Ibnu Hajar, tahun 2019 di PLTP UPJP Kamojang. Penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti pengusul disini berbeda dengan dua peneliti pendahulu. Peneliti pengusul disini, akan melakukan penelitian efisiensi generator pada PLTA Wonogiri yang belum pernah dilakukan sebelumnya.

2. METODE

2.1 Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan penelitian seperti terlihat pada

flowchart pada Gambar 1. Pengambilan data yang digunakan pada penelitian ini, dilakukan pada 01 maret 2020 – 07 maret 2020 dan berlokasi di PLTA Wonogiri, Wonogiri, Jawa Tengah. Tahapan-tahapan tersebut adalah:

1. Studi Literature

Studi literature yang dilakukan dengan mengumpulkan bahan penelitian yang diambil dari beberapa sumber referensi jurnal maupun buku.

2. Pengumpulan Data

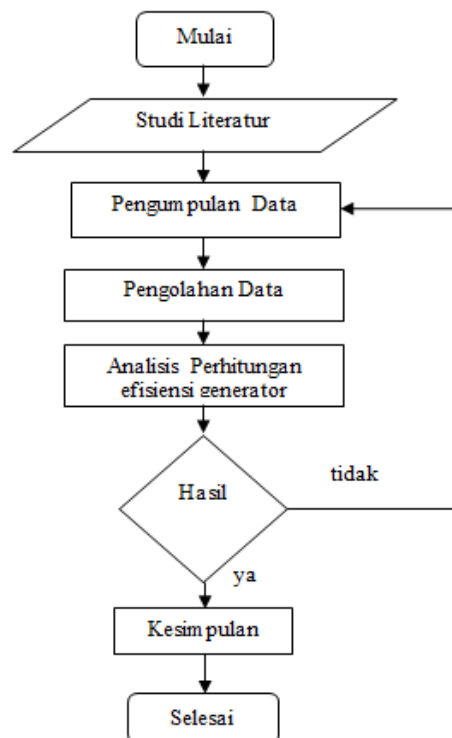
Pengumpulan data diambil langsung di PLTA Wonogiri data yang diambil dari logsheet data operator antara lain: Tegangan ,beban, arus,var, dan data air. Setelah dilakukan pengumpulan data selama 24 jam.

3. Perhitungan Data

Data yang sudah di kumpulkan kemudian dihitung untuk mengetahui nilai efisiensi pada generator tersebut. Kemudian hasil yang sudah didapatkan akan dilakukan analisa.

4. Tahap Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan menggunakan rumus dengan data yang dilapangan.



Gambar 1. *Flowchart*

2.2 Metode Perhitungan

Ada beberapa hal yang di butuhkan sebagai bahan untuk melakukan analisa efisiensi generator diantaranya :

1) Menentukan Debit Air (Q)

Debit air adalah jumlah aliran air yang mengalir melalui suatu penampang tertentu persatuan waktu. Untuk data debit air diperoleh melalui *logsheet* harian operator PLTA Wonogiri. Berikut adalah cara untuk menghitung debit air:

$$Q = V \times A \quad (1)$$

dimana:

Q : Debit air (m^3/s)

V : Kecepatan Air (m/s)

A : Luas penampang saluran (m^2)

Debit air (Q) merupakan hasil perkalian dari luas penampang saluran (A) dengan kecepatan aliran air atau dengan persamaan berikut:

$$V = \frac{s}{T} \quad (2)$$

dimana:

V : Kecepatan Air (m/s)

s : Jarak (m)

T : Waktu tempuh (det)

2) Ketinggian (H)

Ketinggian adalah jarak teratas air yang melewati pintu masuk air menuju turbin. Untuk mendapatkan data ini diperluka data elevasi (posisi vertikal air menuju turbin) dan *tailrace* (bagaian waduk yang digunakan untuk menyalurkan air menuju hilir bendungan). Berikut adalah cara untuk menghitung ketinggian yaitu:

$$H = \text{elevasi} - \text{tailrace} \quad (3)$$

3) Daya Input (Pin)

Data Pin didapat dari pengolahan data *logsheet* operator dengan menggunakan rumus. Berikut adalah cara untuk menghitung Pin yaitu:

$$Pin = \rho \cdot \eta \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (4)$$

dimana :

ρ : Massa jenis fluida (Kg/m^3)

η : Efisiensi peralatan elektro magnetik (0,95)

g : Gaya grafitasi ($9,8 m/s^2$)

H : Ketinggian (m)

Q : Debit Air (m^3/s)

4) Faktor Daya ($\cos \emptyset$)

Faktor daya adalah nilai perbandingan antara daya aktif dan daya nyata. Nilai faktor daya didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\cos \emptyset = \frac{P(W)}{S(VA)} \quad (5)$$

dimana:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (6)$$

5) Efisiensi

Efisiensi Pembangkit adalah perbandingan antara daya keluaran (P_{out}) dan daya masukan (P_{in}). Nilai efisiensi pembangkit diperoleh dengan perhitungan menggunakan rumus dan data-data yang diperoleh sebelumnya. Berikut adalah cara untuk menghitung efisiensinya yaitu:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

dimana :

η : Efisiensi Pembangkit

P_{in} : Daya masukan (watt)

P_{out} : Daya Keluaran (watt)

$$P_{in} = P_{out} + \Sigma Prugi$$

$$\Sigma Prugi = P_{in} - P_{out} \quad (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Spesifikasi

Data-data spesifikasi yang diperoleh antara lain:

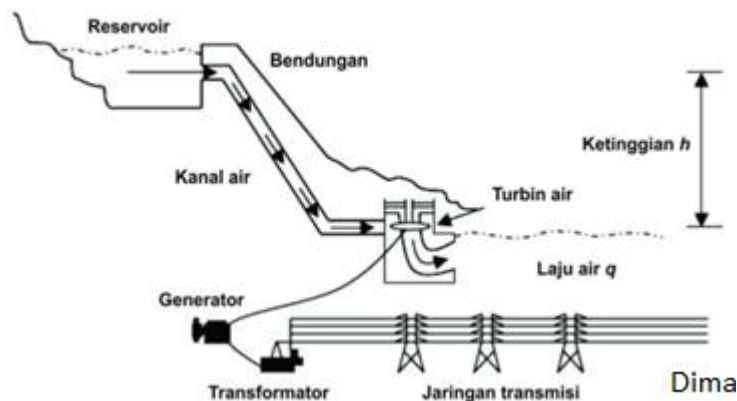
Table 1. Spesifikasi Generator

Merk	Shinko Electric
Type & From	FENKL2-AW-3700
No. Machine	092260

Output	7750 kVa
Phase	3
Voltage	6600V
Arm. Current	678A
f	50Hz
Poles	22
Speed	273rpm
Power Factor	0,9 lagging
Exc. Voltage	220
Type & From	FENKL2-AW-3700

Table 2. Spesifikasi Turbin

Merk	Ebara
Type	Vertical Shaft Kaplan
Rated Speed	273rpm
Runway Speed	765rpm
Serial No.	RA10138-01



Gambar 1. Prinsip Kerja PLTA Wonogiri

3.2 Data Operasi

Pengambilan data dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam melakukan metode perhitungan. Data yang diperoleh merupakan data yang didapat pada *logsheet* harian operator PLTA Wonogiri yang bertugas untuk mencatat mendata selama unit beroperasi. Data generator yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan merupakan data operasi pada 01-07 Maret 2020 pada generator PLTA Wonogiri.

Table 3. Data Operasi Generator Tanggal 01 Maret 2020

Jam	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan (kV)	Elevasi (m)	Tail Race (m)	Debit Air (m^3/s)	H (m)	Pin (MW)	Efisiensi (%)	Σ Prugi (MW)
01.00	3.6	0.4	20.1	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
02.00	3.6	0.4	20.1	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
03.00	3.6	0.4	20.1	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
04.00	3.6	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
05.00	3.6	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
06.00	3.6	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
07.00	3.6	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
08.00	3.6	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
09.00	3.6	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	74.44	1.236
10.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
11.00	4	0.5	20.3	132.90	109.45	22.2	23.45	4.846	82.54	0.846
12.00	4	0.5	20.3	132.90	109.45	22.2	23.45	4.846	82.54	0.846
13.00	4	0.5	20.3	132.90	109.45	22.2	23.45	4.846	82.54	0.846
14.00	4	0.4	20.3	132.90	109.45	22.2	23.45	4.846	82.54	0.846
15.00	4	0.4	20.3	132.93	109.45	22.2	23.48	4.852	82.44	0.852
16.00	4	0.4	20.4	132.93	109.45	22.2	23.48	4.852	82.44	0.852
17.00	4	0.4	20.4	132.93	109.45	22.2	23.48	4.852	82.44	0.852
18.00	4	0.4	20.3	132.98	109.45	22.2	23.53	4.863	82.25	0.863
19.00	4	0.5	20.3	132.98	109.45	22.2	23.53	4.863	82.25	0.863
20.00	4	0.6	20.4	132.98	109.45	22.2	23.53	4.863	82.25	0.863
21.00	4	0.5	20.4	132.98	109.45	22.2	23.53	4.863	82.25	0.863
22.00	4	0.5	20.1	133.03	109.45	22.2	23.58	4.873	82.08	0.873
23.00	4	0.4	20.1	133.03	109.45	22.2	23.58	4.873	82.08	0.873
24.00	4	0.4	20.1	133.03	109.45	22.2	23.58	4.873	82.08	0.873

Table 4. Data Operasi Generator Tanggal 02 Maret 2020

Jam	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan (kV)	Elevasi (m)	Tail Race (m)	Debit Air (m^3/s)	H (m)	Pin (MW)	Efisiensi (%)	Σ Prugi (MW)
01.00	4	0.4	20.1	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
02.00	4	0.4	20.1	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
03.00	4	0.4	20.1	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
04.00	4	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
05.00	4	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
06.00	4	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
07.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
08.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
09.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
10.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
11.00	4	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
12.00	4	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
13.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
14.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
15.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
16.00	4	0.4	20.3	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836
17.00	4	0.4	20.2	132.85	109.45	22.2	23.4	4.836	82.71	0.836

18.00	4	0.4	20.2	132.47	109.45	22.2	23.02	4.757	84.08	0.757
19.00	4	0.4	20.2	132.47	109.45	22.2	23.02	4.757	84.08	0.757
20.00	4	0.4	20.2	132.47	109.45	22.2	23.02	4.757	84.08	0.757
21.00	4	0.4	20.3	132.47	109.45	22.2	23.02	4.757	84.08	0.757
22.00	4	0.4	20.3	132.47	109.45	22.2	23.02	4.757	84.08	0.757
23.00	4	0.4	20.3	132.47	109.45	22.2	23.02	4.757	84.08	0.757
24.00	4	0.4	20.3	132.47	109.45	22.2	23.02	4.757	84.08	0.757

Table 5. Data Operasi Generator Tanggal 03 Maret 2020

Jam	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan (kV)	Elevasi (m)	Tail Race (m)	Debit Air (m^3/s)	H (m)	Pin (MW)	Efisiensi (%)	Σ Prugi (MW)
01.00	4	0.4	20.1	133.40	109.45	22.2	23.95	4.95	80.8	0.95
02.00	4	0.4	20.1	133.40	109.45	22.2	23.95	4.95	80.8	0.95
03.00	4	0.4	20.1	133.40	109.45	22.2	23.95	4.95	80.8	0.95
04.00	4	0.4	20.2	133.40	109.45	22.2	23.95	4.95	80.8	0.95
05.00	4	0.4	20.2	133.40	109.45	22.2	23.95	4.95	80.8	0.95
06.00	4	0.4	20.2	133.40	109.45	22.2	23.95	4.95	80.8	0.95
07.00	4	0.4	20.3	133.40	109.45	22.2	23.95	4.95	80.8	0.95
08.00	4	0.4	20.2	133.43	109.45	22.2	23.98	4.956	80.71	0.956
09.00	4	0.4	20.2	133.45	109.45	22.2	24	4.96	80.64	0.96
10.00	4	0.4	20.3	133.49	109.45	22.2	24.04	4.968	80.51	0.968
11.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
12.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
13.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
14.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
15.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
16.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
17.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
18.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
19.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
20.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
21.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
22.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
23.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391
24.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.15	4.991	92.16	0.391

Table 6. Data Operasi Generator Tanggal 04 Maret 2020

Jam	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan (kV)	Elevasi (m)	Tail Race (m)	Debit Air (m^3/s)	H (m)	Pin (MW)	Efisiensi (%)	Σ Prugi (MW)
01.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
02.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
03.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
04.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
05.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
06.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
07.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
08.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
09.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56
10.00	4.6	0.4	20.3	133.60	109.50	23.0	24.1	5.16	89.14	0.56

11.00	4.6	0.6	20.4	133.80	109.50	23.0	24.3	5.203	88.41	0.603
12.00	4.6	0.6	20.3	133.94	109.50	23.0	24.3	5.203	88.41	0.603
13.00	4.6	0.5	20.4	133.80	109.50	23.0	24.3	5.203	88.41	0.603
14.00	4.6	0.5	20.4	133.80	109.50	23.0	24.3	5.203	88.41	0.603
15.00	4.6	0.4	20.2	133.82	109.50	23.0	24.32	5.207	88.34	0.607
16.00	4.6	0.5	20.4	133.82	109.50	23.0	24.32	5.207	88.34	0.607
17.00	4.6	0.5	20.4	133.83	109.50	23.0	24.33	5.209	88.3	0.609
18.00	4.6	0.4	20.2	133.84	109.50	23.0	24.34	5.211	88.27	0.611
19.00	4.6	0.5	20.4	133.85	109.50	23.0	24.35	5.214	88.22	0.614
20.00	4.6	0.5	20.4	133.86	109.50	23.0	24.36	5.216	88.19	0.616
21.00	4.6	0.5	20.4	133.87	109.50	23.0	24.37	5.218	88.15	0.618
22.00	4.6	0.4	20.2	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.62
23.00	4.6	0.4	20.2	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.62
24.00	4.6	0.4	20.2	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.62

Table 7. Data Operasi Generator Tanggal 05 Maret 2020

Jam	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan (kV)	Elevasi (m)	Tail Race (m)	Debit Air (m^3/s)	H (m)	Pin (MW)	Efisiensi (%)	Σ Prugi (MW)
01.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
02.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
03.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
04.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
05.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
06.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
07.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
08.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
09.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
10.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.56
11.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.603
12.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.603
13.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.603
14.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.603
15.00	4.6	0.4	20.3	133.88	109.50	23.0	24.38	5.22	88.12	0.607
16.00	4.6	0.4	20.3	134.18	109.45	23.0	24.68	5.284	87.05	0.607
17.00	4.6	0.4	20.3	134.18	109.45	23.0	24.68	5.284	87.05	0.609
18.00	4.6	0.4	20.3	134.18	109.45	23.0	24.68	5.284	87.05	0.611
19.00	4.6	0.4	20.3	134.18	109.45	23.0	24.68	5.284	87.05	0.614
20.00	4.6	0.4	20.3	134.18	109.45	23.0	24.68	5.284	87.05	0.616
21.00	4.6	0.4	20.3	134.18	109.45	23.0	24.68	5.284	87.05	0.618
22.00	4.6	0.4	20.3	134.18	109.45	23.0	24.68	5.284	87.05	0.62
23.00	4.6	0.4	20.3	134.19	109.45	23.0	24.69	5.286	87.02	0.62
24.00	4.6	0.4	20.3	134.20	109.45	23.0	24.7	5.289	86.97	0.689

Table 8. Data Operasi Generator Tanggal 06 Maret 2020

Jam	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan (kV)	Elevasi (m)	Tail Race (m)	Debit Air (m^3/s)	H (m)	Pin (MW)	Efisiensi (%)	Σ Prugi (MW)
01.00	4.6	0.4	20.3	134.21	109.45	23.0	24.76	5.301	86.77	0.701
02.00	4.6	0.4	20.3	134.22	109.45	23.0	24.77	5.304	86.72	0.704
03.00	4.6	0.4	20.3	134.23	109.45	23.0	24.78	5.306	86.69	0.706

04.00	4.6	0.4	20.3	134.24	109.45	23.0	24.79	5.308	86.66	0.708
05.00	4.6	0.4	20.3	134.24	109.45	23.0	24.79	5.308	86.66	0.708
06.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
07.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
08.00	4.6	0.5	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
09.00	4.6	0.5	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
10.00	4.6	0.5	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
11.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
12.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
13.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
14.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
15.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
16.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
17.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
18.00	4.6	0.4	20.3	134.25	109.45	23.0	24.8	5.31	86.62	0.71
19.00	4.6	0.4	20.3	134.27	109.45	23.0	24.82	5.315	86.54	0.715
20.00	4.6	0.5	20.3	134.27	109.45	23.0	24.82	5.315	86.54	0.715
21.00	4.6	0.5	20.3	134.28	109.45	23.0	24.83	5.317	86.51	0.717
22.00	4.6	0.5	20.3	134.28	109.45	23.0	24.83	5.317	86.51	0.717
23.00	4.6	0.4	20.2	134.29	109.45	23.0	24.84	5.319	86.48	0.719
24.00	4.6	0.4	20.3	134.21	109.45	23.0	24.84	5.319	86.48	0.719

Table 9. Data Operasi Generator Tanggal 07 Maret 2020

Jam	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan (kV)	Elevasi (m)	Tail Race (m)	Debit Air (m^3/s)	H (m)	Pin (MW)	Efisiensi (%)	Σ Prugi (MW)
01.00	4.6	0.4	20.3	134.67	109.44	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
02.00	4.6	0.4	20.1	134.67	109.44	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
03.00	4.6	0.4	20.1	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
04.00	4.6	0.4	20.4	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
05.00	4.6	0.4	20.4	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
06.00	4.6	0.4	20.4	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
07.00	4.6	0.4	20.3	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
08.00	4.6	0.5	20.3	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
09.00	4.6	0.5	20.2	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
10.00	4.6	0.5	20.2	134.67	109.45	23.0	25.3	5.417	84.91	0.817
11.00	6.2	0.4	20.4	134.70	109.72	28.6	24.98	6.651	93.21	0.451
12.00	6.2	0.4	20.3	134.72	109.72	28.6	25	6.657	93.13	0.457
13.00	6.2	0.5	20.3	134.74	109.72	28.6	25.02	6.662	93.06	0.462
14.00	6.2	0.5	20.2	134.75	109.72	28.6	25.03	6.665	93.02	0.465
15.00	6.2	0.5	20.2	134.78	109.72	28.6	25.06	6.673	92.91	0.473
16.00	6.2	0.5	20.2	134.78	109.72	28.6	25.06	6.673	92.91	0.473
17.00	6.2	0.5	20.2	134.80	109.72	28.6	25.08	6.678	92.84	0.478
18.00	6.2	0.4	20.4	134.80	109.72	28.6	25.08	6.678	92.84	0.478
19.00	6.2	0.4	20.3	134.81	109.72	28.6	25.09	6.681	92.8	0.481
20.00	6.2	0.5	20.3	134.81	109.72	28.6	25.09	6.681	92.8	0.481
21.00	6.2	0.5	20.2	134.82	109.72	28.6	25.1	6.683	92.77	0.483
22.00	6.2	0.5	20.2	134.82	109.72	28.6	25.1	6.683	92.77	0.483
23.00	6.2	0.4	20.2	134.90	109.72	28.6	25.18	6.705	92.46	0.505
24.00	6.2	0.4	20.2	134.90	109.72	28.6	25.18	6.705	92.46	0.505

3.3 Analisa

1. Menentukan Debit Air (Q)

Nilai debit air diperoleh dari logsheet harian dioperator PLTA Wonogiri. Nilai debit air pada tanggal 01-03 maret 2020 senilai $22.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada tanggal 04-06 maret 2020 senilai $23 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada tanggal 07 maret 2020 pada jam 01.00-10.00 senilai $23.0 \text{ m}^3/\text{s}$ sedangkan pada jam 11.00-24.00 senilai $28.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

2. Ketinggian Air (H)

Pada tanggal 01 Maret 2020 01.00 WIB

$$\begin{aligned} H &= 132.85 - 109.45 \\ &= 23.4 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Daya Iput (Pin)

Pada tanggal 01 Maret 2020 01.00 WIB

$$\begin{aligned} \text{Pin} &= 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3 \times 0.95 \times 9.8 \text{ m}/\text{s}^2 \times 23.4 \text{ m} \times 22.2 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 4836 \text{ kW} \\ &= 4,836 \text{ MW} \end{aligned}$$

4. Faktor Daya ($\cos \phi$)

Pada tanggal 01 Maret 2020 01.00 WIB

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3.6^2 + 0.4^2} \\ &= \sqrt{12.96 + 0.16} \\ &= \sqrt{13.12} \\ &= 3.62 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\cos \phi = \frac{3.6 \text{ MW}}{3.62 \text{ MVA}} = 0,9$$

5. Efisiensi Generator

Pada tanggal 01 Maret 2020 01.00 WIB

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{3.6 \text{ MW}}{4.836 \text{ MW}} \times 100\% \\ &= 74,44\% \end{aligned}$$

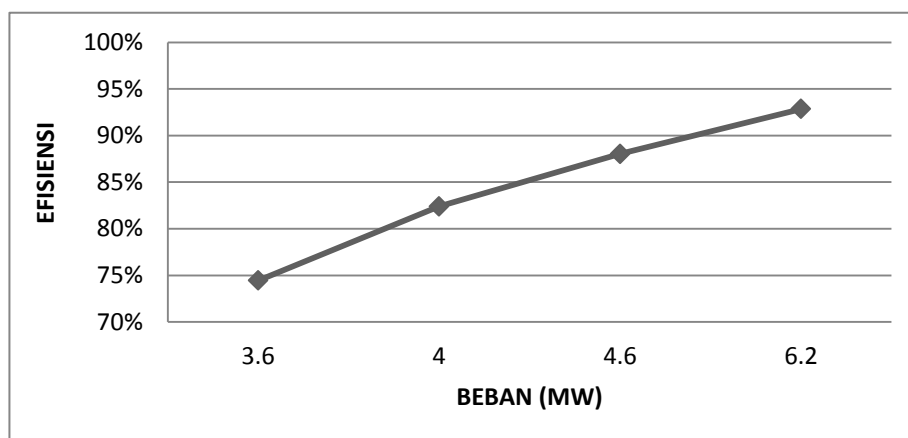
$$\begin{aligned} \Sigma \text{Prugi} &= 4,836 \text{ MW} - 3,6 \text{ MW} \\ &= 1,236 \text{ MW} \end{aligned}$$

Berdasarkan data operasi pada tabel 3 sampai tabel 9, telah didapatkan nilai yang dicari berupa Pinput dan efisiensi generator selama tujuh hari di PLTA Wonogiri. Data tersebut kemudian dihitung rata-rata karena pembahasan yang diinginkan adalah pengaruh dari pembebanan terhadap efisiensi generator yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Rata-rata Generator Tanggal 01-07 Maret 2020.

NO	Pin (MW)	Pout (MW)	Efisiensi (%)	$\Sigma Prugi$ (MW)	Debit Air (m^3/s)	H (m)
1	4.836	3.6	74.44	1.236	22.2	23.4
2	4.855	4	82.39	0.855	22.2	23.49
3	5.228	4.6	88.02	0.628	23	24.54
4	6.677	6.2	92.85	0.477	28.6	25.07

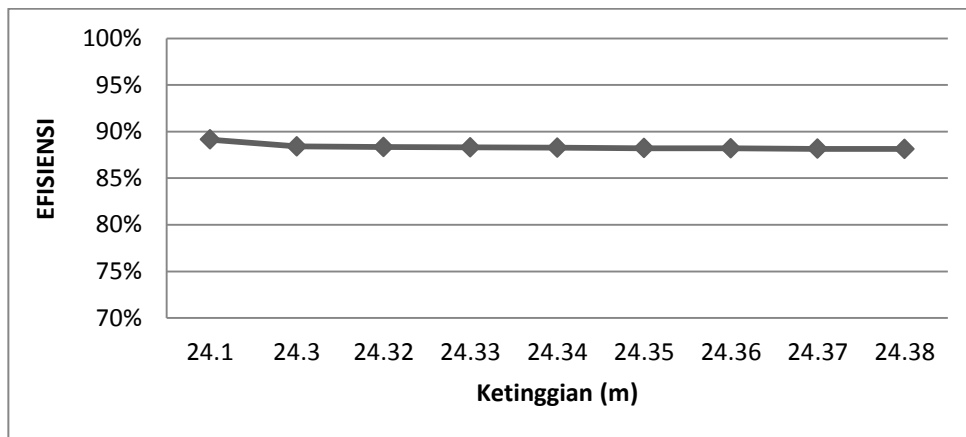
Efisiensi yang didapat dari hasil perbandingan antara daya keluaran terhadap daya masukan dari tanggal 01-09 maret 2020, dapat dilihat pada tabel 10 bahwa nilai efisiensi terendah adalah sebesar 74.44% terjadi pada saat beban 3.6 MW. Sedangkan nilai efisiensi tertinggi adalah sebesar 92.85% terjadi pada saat beban senilai 6.2 MW.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Pembebanan dengan Efisiensi

Dalam penkonversian energi mekanik menjadi energi listrik, generator akan mengalami *losses* (kehilangan daya) sehingga efisiensi pada generator tidak dapat mencapai 100%. Terdapatnya rugi-rugi generator, diantaranya rugi-rugi panas pada kumparan (*winding*), rugi-rugi pada inti generator (*core*), serta rugi-rugi mekanik akibat gesekan terhadap udara pada saat berputar. Rugi-rugi panas

yang dihasilkan dari inti dan kumparan generator dipengaruhi oleh sistem pendingin generator. Oleh karena itu terdapatnya perubahan efisiensi generator saat beroperasi. Pada gambar 1, dapat diketahui bahwa nilai efisiensi terendah senilai 74,44% pada saat beban 3,6 MW sedangkan nilai tertinggi 92,85% pada saat beban 6,2 MW. Hal ini dikarenakan nilai efisiensi sebuah generator dipengaruhi oleh arus beban dan daya beban yang terpakai.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Ketinggian (Elevasi) dengan Efisiensi Pada Tanggal 04 Maret 2020

Pada tanggal 04 maret 2020, terjadi sembilan kali perubahan ketinggian (elevasi) di PLTA Wonogiri, sehingga ketinggian jatuhnya air dari berubah sebanyak sembilan kali. Pada gambar 2 diketahui bahwa, setiap perubahan ketinggian air maka efisiensi generator ikut berubah. Semakin tinggi elevasi air maka nilai efisiensi semakin rendah. Hal ini dikarenakan nilai efisiensi PLTA sangat dipengaruhi oleh beban terpakai. Pada PLTA Wonogiri beban terpakai generator pada tanggal 04 maret 2020 selalu bernilai 4,6 MW. Sehingga elevasi yang tinggi mengakibatkan Pin meningkat sementara Pout tetap 4,6 MW yang mengakibatkan rugi-rugi semakin besar.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil dari efisiensi generator pada PLTA Wonogiri, maka bisa diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

1. Efisiensi PLTA Wonogiri pada tanggal 01-07 maret 2020 tertinggi senilai 92,85% sedangkan terendah senilai 74,44%

2. Besarnya nilai efisiensi PLTA Wonogiri berubah-ubah tergantung dari besarnya beban yang terpakai, debit air, dan ketinggian air (elevasi) waduk Gajah Mungkur yang memutar turbin.
3. Semakin tinggi elevasi maka nilai efisiensi generator semakin menurun.

5. PERSANTUNAN

Syukur Alhamdulillah penulis dapat utarakan kepada Allah SWT dimana telah melimpahkan nikmatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir. Tak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak-pihak yang telah membantu terselesainya tugas akhir ini antara lain :

- a) Kepada kedua orang tua penulis yang sudah memberikan nasehat,dukungan, serta doanya.
- b) Ibu Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T., selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahnya serta ilmunya terkait tugas akhir ini.
- c) Bapak Anang selaku SPS PLTA Wonogiri yang telah memberikan dan mencari data terkait tugas akhir ini.
- d) Semua dosen jurusan Teknik Elektro yang sudah memberikan banyak ilmunya selama perkuliahan.
- e) Kepada teman-teman seperjuangan (Fajri, Prima, Wahyu, Raka, Yusuf, Jimbo, Feby,Aan, Jidil, Fahmi, Tatang) yang sudah memberikan semangat dan dorongan agar dapat terselesainya tugas akhir ini.
- f) Kepada sahabat (M. Luthfi Alfikri, Silvana Syahraini, Indah Anggraini) yang sudah memberikan semangat dan dorongan agar dapat terselesainya tugas akhir ini.
- g) Kepada teman-teman komunitas KMTE ROBOT REARCH yang telah membantu terselesainya tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Noer. (2017). Analisis Pengaruh Pembenanan Terhadap Efisiensi Generator di PLTG Borang Dengan Software Matlab.
- Muhairir dan Ibnu Hajar. (2019). Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang. Jakarta: STT-

PLN

- Fitrah Alamsyah, Didik Notosujono, dan Hasto Subagia. (2016). Studi kinerja generator pembangkit listrik tenaga air Ubrug Sukabumi. Jawa Barat: Universitas Pakuan
- Arismunandar, Artono Kuwahara Susumu. (2004). Teknik Tenaga Listrik Jilid I. Pembangkitan Dengan Tenaga Air. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Jepersen, S. (2016). Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Sinkron Unit 1 di PLTU PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim-Sumatera Selatan. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.